Niveau(x) d'enseignement: 4 Numéro EDUQ : 8570711
Centre d'intérêt: 874

Joyal, Louis R.

Centre d'intérêt fabrication d'un transformateur : profil Tronc commun (281.400) : document de l'élève / [Louis R. Joyal]. -- 2e éd. rev. -- Trois-Rivières : Université du Québec à Trois-Rivières, Programme de perfectionnement des maîtres en enseignement professionnel, 1983. iii, 29 f. : plans ; 28 cm + document du professeur (iv, 17 f.).

Titre de la couv.: Centre d'intérêt transformateur. "Cette recherche a été réalisée grâce à une subvention du Ministère de l'éducation du Québec au Programme de perfectionnement des maîtres de l'enseignement professionnel (PPMEP) de l'Université du Québec à Trois-Rivières".

Descripteur(s): *Techniques physiques *Guide pédagogique *Guide de l'étudiant *Enseignement modulaire *Méthode d'enseignement *Activité d'apprentissage *Secondaire (Niveau)

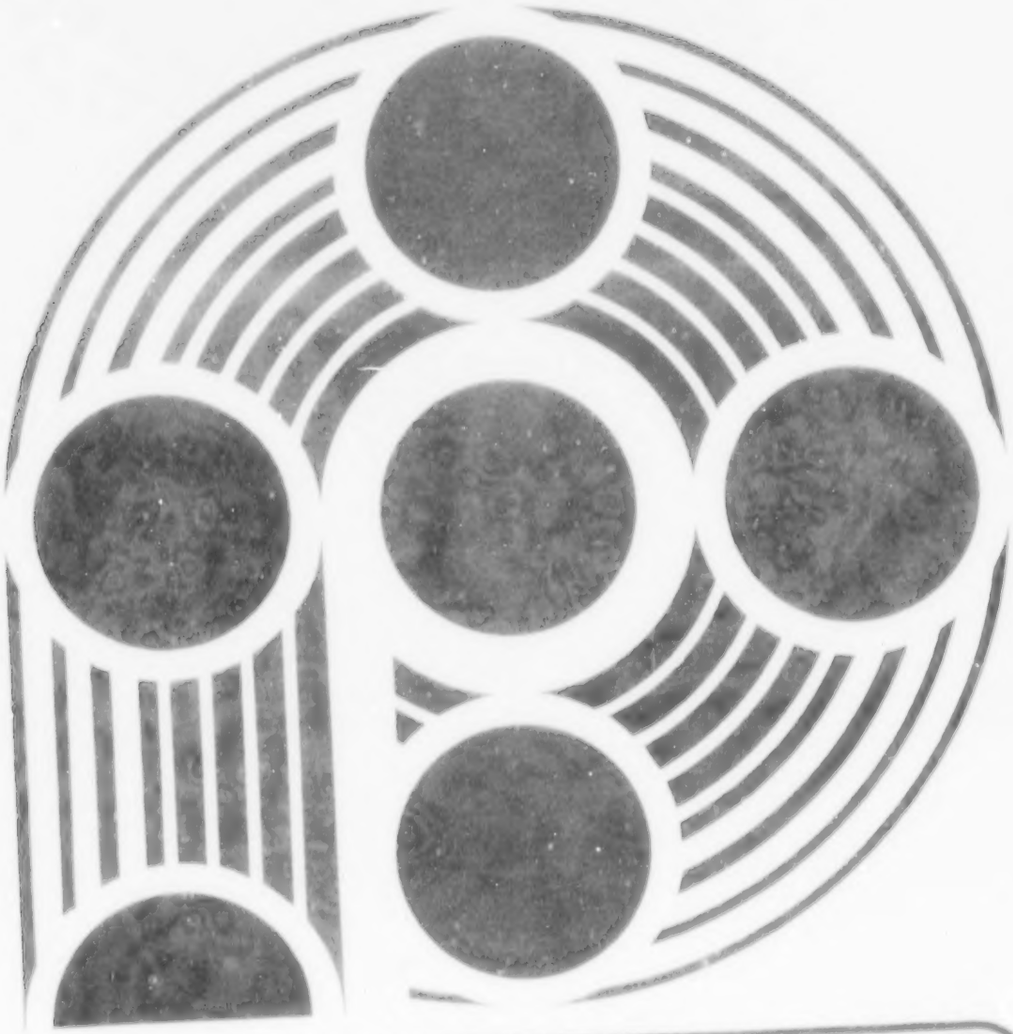
Identificateur(s) de sujet: *Electrotechnique *Approche pédagogique par centres d'intérêt

En octobre 1979, la Direction générale de l'enseignement supérieur autorisait le projet de recherche intitulé "Approche pédagogique par la méthode des centres d'intérêt au niveau secondaire professionnel en électrotechnique". Cette approche est un enseignement où les activités d'apprentissage sont programmées à partir d'une problématique impliquant la réalisation d'un objet technique, retenu en fonction de son intérêt pour celui qui apprend et en relation avec les exigences des milieux industriels. Ainsi, les capacités à acquérir, telles les informations, les habiletés intellectuelles, les stratégies cognitives, les attitudes, les habiletés motrices et les habitudes expérimentales, sont désirées parce qu'elles sont celles exigées par la profession.

La maquette didactique de ce centre d'intérêt, le guide pédagogique du professeur et celui de l'élève forment un ensemble qui a été structuré pour répondre aux besoins des professeurs qui enseignent le profil 281.400 "tronc commun" et qui désirent utiliser l'approche pédagogique par centres d'intérêt. Le document I est destiné au professeur, le document II à l'élève. Le document technique traite du transformateur. On y trouve toutes les étapes de réalisation, depuis le cahier des charges jusqu'à l'étape de la vérification finale. De plus, les annexes abordent les techniques des circuits imprimés, les méthodes de fabrication des circuits imprimés en série et les caractéristiques des composants utilisés.

Type de document: d
Financement: Bénéficiaire - UQTR
Organisme(s) source(s) - MEQ-DGERU
Programme(s) de subvention - PPMEP

EDUQ 8570711 A



CENTRE D'INTERET

TRANSFORMATEUR

Document de l'élève

Louis R. Joyal

ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

EDUQ 8570711 A

CENTRE D'INTERET

FABRICATION D'UN TRANSFORMATEUR

Niveau : Secondaire professionnel

Spécialité: Electrotechnique

Profil : Tronc commun
(281.400)

Cette recherche a été réalisée grâce à une subvention du ministère de l'Education du Québec au programme de perfectionnement des maîtres de l'enseignement professionnel (PPMEP) de l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Août 1982

2e édition revue
Décembre 1983

Document de l'élève

INFORMATION PRELIMINAIRE

En octobre 1979, la Direction générale de l'enseignement supérieur du ministère de l'Education du Québec autorisait le projet de recherche intitulé "Approche pédagogique par la méthode des centres d'intérêt au niveau secondaire professionnel en électrotechnique".

L'approche pédagogique par centres d'intérêt a été définie par l'équipe de recherche de la façon suivante: "l'approche pédagogique par centres d'intérêt est un enseignement où les activités d'apprentissage sont programmées à partir d'une problématique impliquant la réalisation d'un objet technique, retenu en fonction de son intérêt pour celui qui apprend et en relation avec les exigences des milieux industriels, afin que les capacités à acquérir, telles les informations, les habiletés intellectuelles, les stratégies cognitives, les attitudes, les habiletés motrices et les habitudes expérimentales soient désirées parce qu'elles sont celles exigées par la profession".

Avec cette approche pédagogique pour chaque centre d'intérêt, deux documents pédagogiques sont préparés. Le document I appartient au professeur.

Le document II appartient à l'élève. Ce document technique traite de l'objet technique, c'est-à-dire du transformateur. Nous retrouvons dans ce document toutes les étapes de réalisation, en débutant par le cahier des charges de l'objet jusqu'à l'étape de la vérification finale. De plus, on y retrouve en annexe, les techniques des circuits imprimés, des méthodes de fabrication des circuits imprimés en série et les caractéristiques techniques des composants utilisés.

Ce document fait donc partie de l'ensemble pédagogique du centre d'intérêt dont l'objet technique est un transformateur. En plus du document pédagogique destiné à l'élève, cet ensemble se compose d'une maquette didactique et d'un guide pédagogique destiné au professeur.

TABLE DES MATIÈRES

CAHIER DES CHARGES 1
Description 1
Caractéristiques techniques 1

CALCUL DU TRANSFORMATEUR 3
Considérations générales sur les transformateurs 3
Forme d'un transformateur cuirassé 3
Choix du type de lamelles 4
Calcul du nombre de spires de l'enroulement primaire et secondaire 4
Choix des conducteurs 5
Relation entre la dimension des fenêtres du transformateur et ses bobinages primaire et secondaire 7
Liste du matériel 7

PROCEDURE DE FABRICATION

CONSTRUCTION DU GABARIT DE CARTON 8
Généralités 8
Etapes de construction du gabarit 8
- Le tronc du gabarit 10
- Les côtés support 10
- L'assemblage 13

PROCEDURE DE BOBINAGE 13
Généralités 13
Assemblage du gabarit pour le bobinage des différents enroulements 13
Bobinage de l'enroulement primaire 15
Bobinage de l'enroulement secondaire 15
Désassemblage 18

ASSEMBLAGE DES LAMELLES 18
Généralités 18
Procédure d'assemblage des lamelles 23

ESSAIS

VERIFICATIONS STATIQUES DU TRANSFORMATEUR 23
Tests de continuité 23
Tests d'isolation 23

VERIFICATIONS DYNAMIQUES DU TRANSFORMATEUR 24
Pertes et rendement d'un transformateur 24
Régulation du transformateur 24

Essai à courant continu 25
Essais à vide 25
Essai en court-circuit 26

DEPANNAGE 27
Pannes des transformateurs 27
Pas de tension au secondaire 27
Baisse de tension au secondaire sans charge 27
Tension élevée au secondaire sans charge 28
Vérification du nombre de spires 28

IMPREGNATION DU TRANSFORMATEUR 29
Matériel 29
Généralités 29
Procédure 29

LISTE DES PLANS

Transformateurs, diagramme bloc 2
Gabarit, vue isométrique 9
Gabarit, vue de développement 11
Gabarit, projection orthogonale 12
Assemblage pour bobinage, vue axonométrique 14
Bobinage, vue isométrique 16
Bobinage, projection orthogonale 17
Noyau, projection orthogonale 19
Transformateur, projection orthogonale 20
Transformateur, vue isométrique 21
Charnière, projection orthogonale et vue isométrique 22

CAHIER DES CHARGES

DESCRIPTION

Ce transformateur sera destiné à être utilisé comme source d'alimentation en courant alternatif, dans un bloc d'alimentation régularisé devant fournir une tension continue de sortie, de 50 volts et un courant nominal de 3 ampères.

L'enroulement primaire sera alimenté à partir d'une source de 110V-60HZ et l'enroulement secondaire, à prise médiane, devra fournir une tension de sortie de 44 volts entre les bornes extrêmes du transformateur.

De plus, il faudra prévoir un moyen de fixation de fabrication simple, peu coûteux et pratique afin d'ancrer facilement le transformateur dans un boîtier métallique.

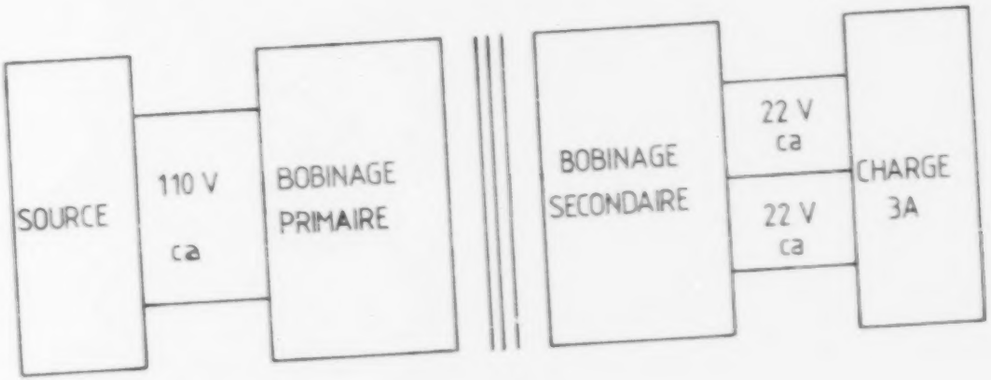
CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

- Caractéristiques électriques:

Tension d'alimentation (efficace)	:	110 volts
Tension de sortie (efficace)	:	44 volts ± 2 volts
Tension entre les prises centres	:	22 volts ± 1 volt
Courant secondaire nominal	:	3 ampères
Puissance nominale	:	132 VA
Fréquence d'opération	:	50 / 60 HZ
Température maximale d'opération	:	50°C
Température minimale d'opération	:	-40°C

- Caractéristiques physiques:

Dimensions	:	hauteur	: 8.0 cm.
		longueur	: 9.6 cm.
		profondeur	: 3.2 cm.
Poids	:	2,2 kg	
Mode de fixation	:	4 charnières	



SYNOPTIQUE	TRANSFORMATEUR	AOÛT 1982

CALCUL DU TRANSFORMATEUR

CONSIDERATIONS GENERALES SUR LES TRANSFORMATEURS

Le transformateur est un appareil qui effectue le transfert d'énergie d'un circuit à un autre. Il transforme l'énergie disponible en valeurs de tension et de courant selon les exigences du nouveau circuit. Il existe sur le marché une multitude de transformateurs dont les procédés de fabrication varient d'un à l'autre, de formes et de puissances différentes pouvant répondre aux besoins les plus variés des utilisateurs.

Le présent document traite de l'étude et de la fabrication du transformateur de type cuirassé qui est très répandu sur le marché nord-américain. Ce transformateur est formé de deux ou plusieurs enroulements montés sur un noyau de métal laminé de façon à obtenir un couplage approchant l'unité. La bobine d'entrée est appelée primaire et la ou les bobines de sortie, secondaire. L'énergie dans le secondaire dépend de l'inductance mutuelle existant entre l'enroulement primaire et l'enroulement secondaire.

FORME D'UN TRANSFORMATEUR CUIRASSE

La plupart des noyaux des transformateurs cuirassés sur le marché sont fabriqués à partir de lamelles normalisées d'acier au silicium en forme de E et de I imbriquées les unes dans les autres. Elles ont la forme et les dimensions représentées dans la figure 1.

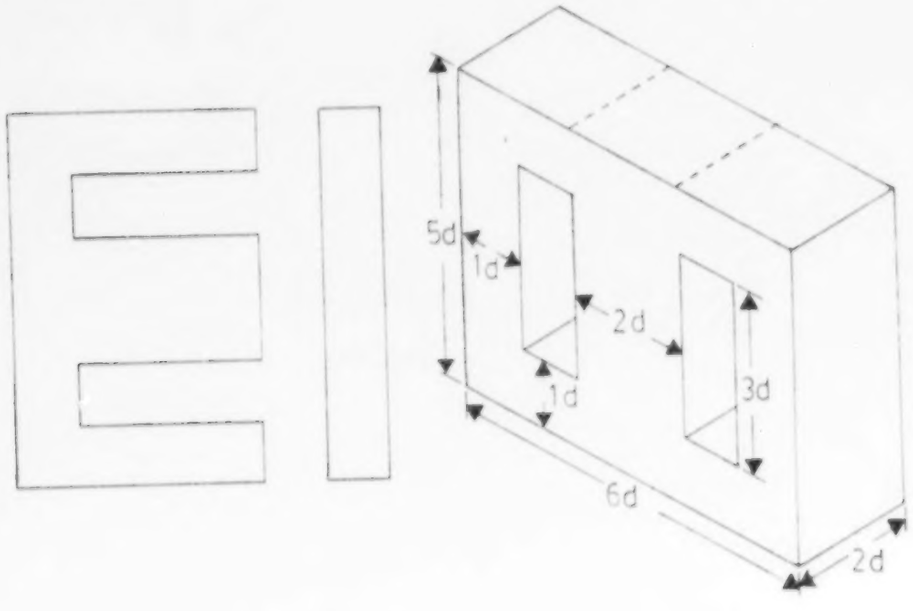


Fig. 1 Forme d'un transformateur cuirassé.

d = Unité de distance constante dépendant de la dimension du noyau.

En observant la figure 1 on remarque que la partie centrale du noyau est de configuration carrée. De plus, en utilisant des lamelles normalisées, il est facile de déterminer le nombre de lamelles du noyau.

N.B.: Certains noyaux de transformateurs cuirassés sont fabriqués à partir de lamelles en forme de E imbriquées les unes dans les autres, de dimensions différentes.

CHOIX DU TYPE DE LAMELLES

Le choix du type de lamelles est lié à la puissance nominale du transformateur. La puissance nominale d'un transformateur se calcule à partir de la formule suivante:

Pn = Es Is

Pn est la puissance nominale du transformateur.
Es est la tension au secondaire du transformateur.
Is est le courant nominal au secondaire du transformateur.

Après avoir déterminé la puissance nominale de notre transformateur on identifie le type de lamelles correspondant à nos besoins à l'aide du tableau suivant.

Type de lamelles en fonction de la puissance nominale du transformateur

Puissance en VA du transformateur	No lamelles EL-MET-PARTS
0.5 à 0.7	EE - 2627
0.8 à 2.1	L - 50
2.2 à 5.3	L - 62.5
5.4 à 8.5	L - 75
9 à 19	L - 87
20 à 75	L - 100
76 à 180	L - 125
181 à 500	L - 150

N.B.: Ce tableau est basé sur les dimensions moyennes des lamelles qu'utilisent les constructeurs nord-américains pour des transformateurs de puissance comparables.

CALCUL DU NOMBRE DE SPIRES DE L'ENROULEMENT PRIMAIRE ET SECONDAIRE

Le nombre de spires composant l'enroulement primaire est déterminé à partir de l'équation suivante:

E = 4.44 f N BmaxA

E = tension appliquée au primaire du transformateur
f = fréquence du réseau (60 HZ)
N = nombre de spires
Bmax = flux magnétique en Tesla
A = surface du noyau en mètre^2

Dans cette formule on utilise 1.125 Testla comme densité de flux magnétique, cette valeur est déterminée à partir de la représentation des courbes de magnétisation apparaissant à la figure 2.

Le nombre de spires de l'enroulement primaire étant déterminé, on détermine le nombre de spires de l'enroulement secondaire à partir de la formule suivante:

$$\frac{Np}{Ns} = \frac{Ep}{Es}$$

Np = nombre de spires de l'enroulement primaire
Ns = nombre de spires de l'enroulement secondaire
Ep = tension appliquée au primaire du transformateur
Es = tension désirée au secondaire du transformateur

CHOIX DES CONDUCTEURS

On sait que le choix des conducteurs pour le bobinage des enroulements primaire et secondaire dépend de l'intensité des courants qui y circulent. On détermine la section des conducteurs des enroulements d'un transformateur à partir de la formule suivante:

$$a = \frac{I}{J}$$

a - section du fil en mm^2
I - intensité du courant en A
J - densité de courant en A/mm^2, lié à la puissance en VA du transformateur.

Pour déterminer la valeur de la constante J que l'on doit utiliser dans la formule précédente on utilise le tableau suivant:

Puissance du transformateur en fonction de la densité de courant maximale (1)

Puissance en VA	Densité de courant maximale J en A/mm^2
0 à 50	4
50 à 100	3,5
100 à 200	3
200 à 500	2.5

La section du conducteur étant déterminée, on identifie le numéro du conducteur à partir d'une table appropriée portant sur les conducteurs ronds en cuivre que l'on retrouve dans la plupart des volumes d'électricité traitant du sujet.

(1) Tableau tiré du volume de Marthe Douriau et F. Juster, La construction des petits transformateurs avec leurs applications, Librairie Parisienne de la radio, 43 rue du Dunkerque - Paris.

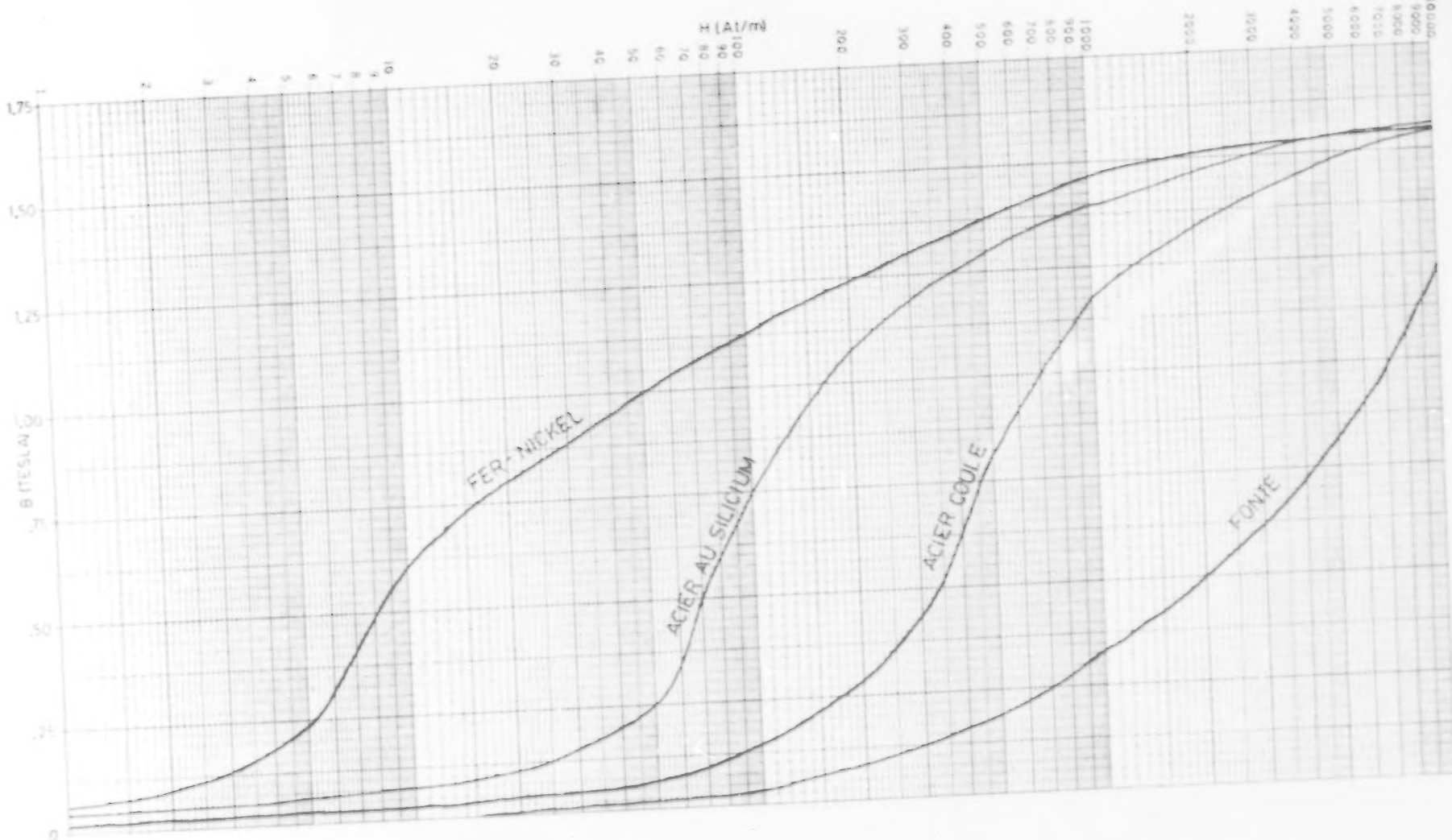


FIGURE 2 - COURBES DE MAGNETISATION

RELATION ENTRE LA DIMENSION DES FENETRES DU TRANSFORMATEUR ET SES BOBINAGES PRIMAIRE ET SECONDAIRE

Le numéro de modèle de plaque étant identifié, on connaît d'après les spécifications exprimées dans les catalogues des fabricants la surface de ses fenêtres.

De plus connaissant le nombre de spires des bobinages primaire et secondaire du transformateur ainsi que les numéros des conducteurs utilisés pour ces bobinages, on peut déterminer la surface minimum d'une fenêtre du transformateur qui pourrait théoriquement porter les deux enroulements.

Mais tenant compte que nous ne pouvons parfaitement bobiner les enroulements les uns sur les autres sans perte d'espace, que nous ayons des pertes de surface dues à l'isolant entre les bobinages primaire et secondaire en plus d'autres pertes dues à l'isolant entre les bobinages primaire et secondaire en plus d'autres pertes dues au gabarit de carton porteur des enroulements primaire et secondaire; on doit majorer la surface minimum théorique d'environ 50 à 60%. Ainsi nous sommes assurés que les bobinages primaire et secondaire entreront dans le noyau du transformateur et ce sans problème.

Si par hasard la surface totale des conducteurs était supérieure à la surface de la fenêtre nous serions dans l'obligation de choisir un nouveau numéro de lamelle dont la surface de la fenêtre répond à nos besoins.

LISTE DU MATERIEL

- carton rigide isolant dont l'épaisseur est de 0,84 mm
- papier cache adhésif dont la largeur est de 1,25 cm
- bobine de fil formex # 16
- bobine de fil formex # 21
- bloc de bois 46 mm de longueur par 33 mm de largeur et 33 mm de hauteur
- deux plaques de bois 10 cm x 10 cm x 1 cm
- papier Duroid de 0,245 mm d'épaisseur
- lamelles d'acier ou silicium type L 125
- terminaux plats normalisés à 2 et 3 bornes
- colle blanche à papier, colle époxy et autres organes d'assemblage.

PROCEDURE DE FABRICATION

CONSTRUCTION DU GABARIT DE CARTON

GENERALITES

La construction du gabarit est une des phases les plus importantes dans la conception d'un transformateur. Il faut donc y apporter une attention toute particulière, car il portera l'enroulement du primaire et du secondaire.

Ce gabarit permet lors du tournage des enroulements de tenir ceux-ci les uns sur les autres, en les maintenant en forme voulue géométriquement évitant la déformation des spires lors du tournage.

Il se fabrique avec du carton rigide de 0.84 mm d'épaisseur, avec lequel on commence par former le corps, dont les dimensions sont déterminées en fonction du circuit magnétique (noyau principal). Le carton coupé et plié à ces dimensions dont les extrémités ont été reliées entre elles forme le tronc du gabarit.

ETAPES DE CONSTRUCTION DU GABARIT

Lorsque les dimensions du circuit magnétique sont déterminées nous pouvons débuter la construction du gabarit, Cette opération s'effectuera en trois étapes principales, soit:

- Le tronc du gabarit
- Les côtés support
- L'assemblage

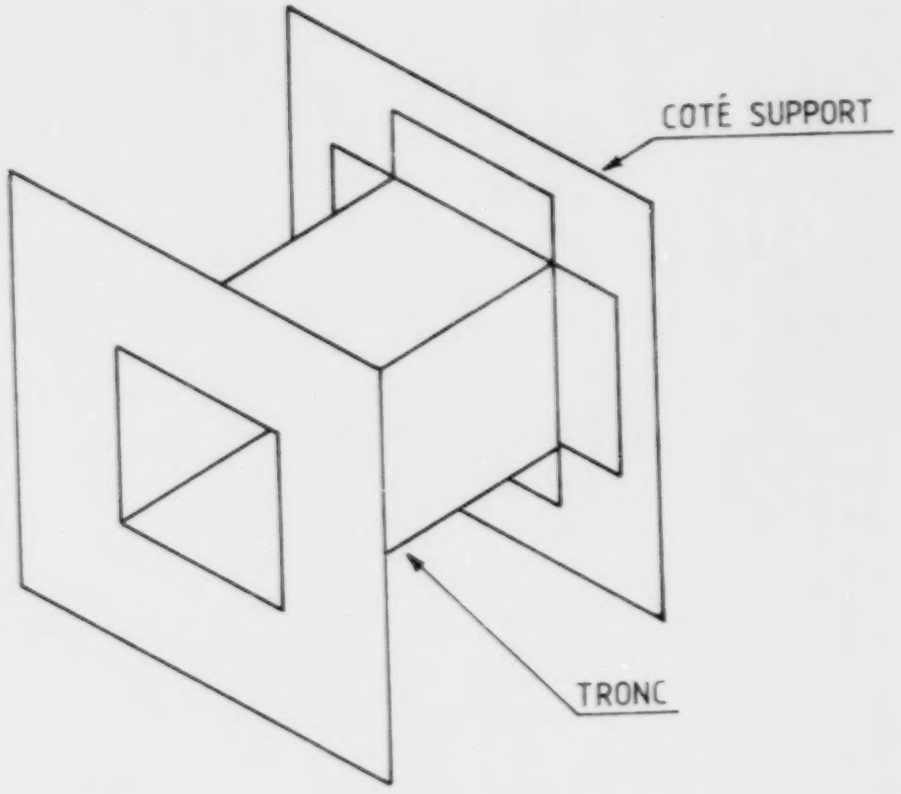
Le dessin de la page suivante montre une vue isométrique du gabarit.

Le tronc du gabarit

Pour réaliser les étapes suivantes veuillez référer au "schéma du traçage du tronc":

- sur le carton rigide isolant, tracer à l'aide d'un crayon les dimensions du tronc du gabarit, en prenant note d'ajouter 0.5 mm à toutes les mesures où le carton doit être plié.
- à l'aide d'un ciseau à tôle, couper le contour du dessin.
- ensuite couper aux endroits indiqués, par un trait plein.
- avec un poinçon à tracer, passer sur les traits pointillés verticaux en appuyant fortement.
- retourner le carton de l'autre côté, et tracer avec le même poinçon les traits pointillés horizontaux pour les languettes.
- plier les 8 languettes vers le bas à 90^0.
- retourner le carton de l'autre côté (côté des lignes tracées au crayon) et plier les côtés vers le bas. (90^0)
- faites la forme du tronc et maintenez-la en place, en collant la languette d'assemblage vers l'extérieur avec la colle à papier.

Note: Assurez-vous que le tronc est bien à l'équerre.



VUE ISOMÉTRIQUE	GABARIT	ÉCHELLE: 1:1
		AOÛT 1982

Les côtés support

Pour réaliser les étapes suivantes veuillez référer au "schéma du traçage des côtés":

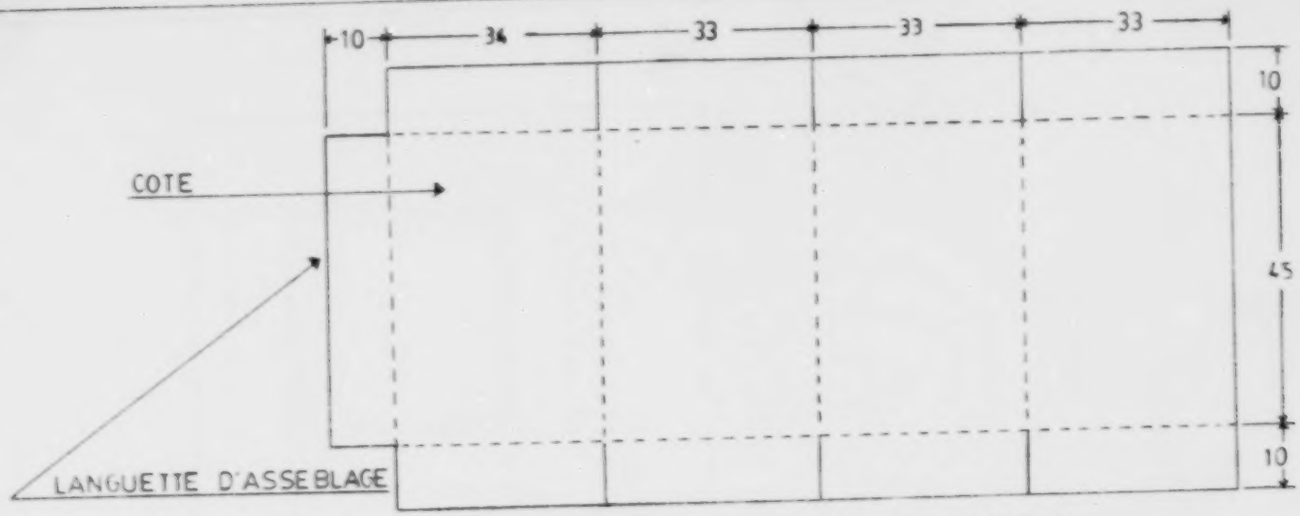
- à partir du carton rigide isolant tracer les dimensions des côtés support.
- à l'aide d'un ciseau à tôle découpez-en le contour extérieur.
- avec un ciseau à bois de 1.5 cm de large et d'un marteau à mécanicien, couper l'intérieur des côtés en faisant un X traversant diagonalement le carré intérieur.
- avec le ciseau à bois couper l'intérieur des côtés de manière à obtenir un espace central dégagé.

L'assemblage

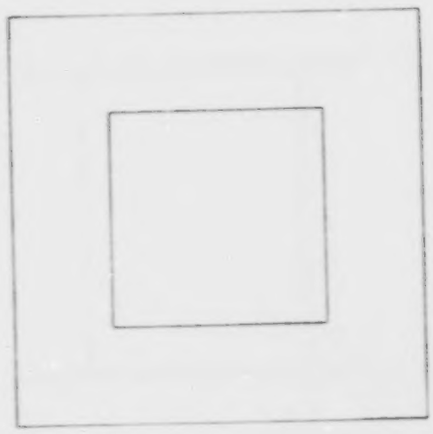
Lorsque le tronc du gabarit est bien solide, il ne reste plus qu'à assembler les côtés support sur les languettes du gabarit.

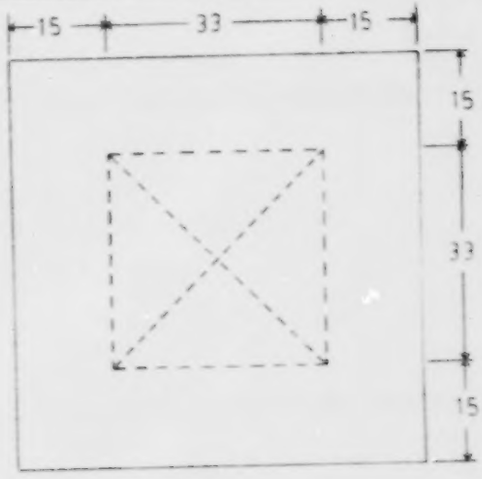
- déposer de la colle blanche sur les languettes, en s'assurant que celles-ci occupent toutes les surfaces (faire un côté à la fois).
- placer un côté support sur les languettes en s'assurant que l'orifice de celui-ci coïncide avec exactitude au trou intérieur du tronc du gabarit.
- exercer une pression pendant quelques minutes.
- pour l'autre côté support, suivez les étapes 1, 2 et 3.

Le gabarit est maintenant terminé. A l'aide d'une lime arrondissez les coins des côtés de façon à éviter des blessures lors de la manipulation du gabarit.



SCHEMA DU TRAÇAGE DU TRONC

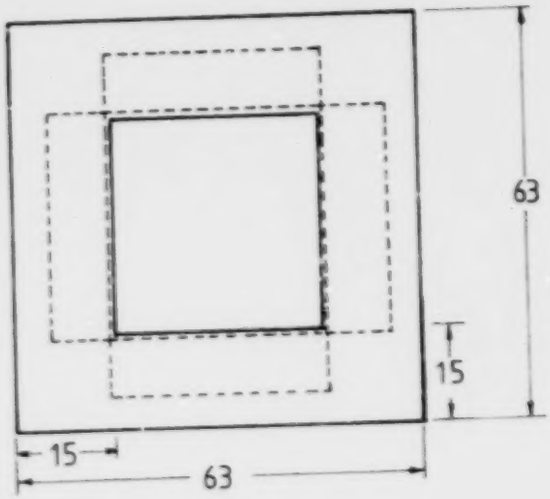


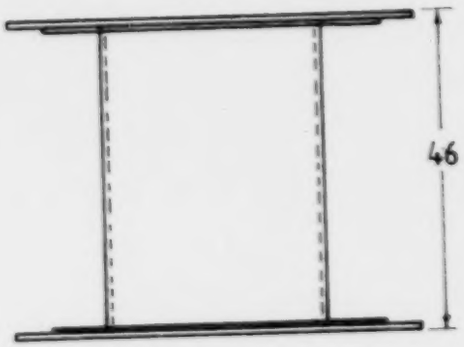


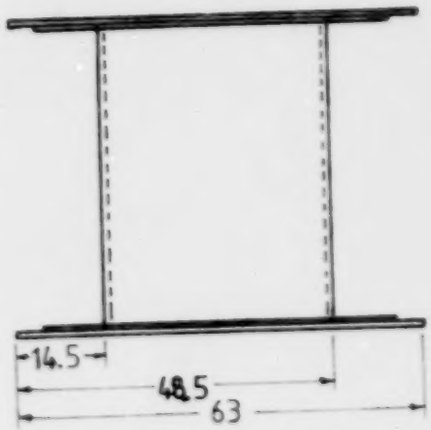
SCHEMA DU TRAÇAGE DES COTES SUPPORT

VUE DE DEVOPPEMENT	GABARIT	ECHELLE : 1 1
COTES : MILLIMETRES		AOÛT 1982

11







PROJECTION ORTHOGONALE	GABARIT	ECHELLE 1:1
COTES: MILLIMÈTRES		AOÛT 1982

12

PROCEDURE DE BOBINAGE

GENERALITES

La phase de bobinage est délicate en ce sens qu'il ne faut pas endommager l'émail protecteur qui recouvre le fil de cuivre.

En premier lieu, on effectue le bobinage de l'enroulement primaire, puis de l'enroulement secondaire.

Cette procédure se subdivise en quatre étapes:

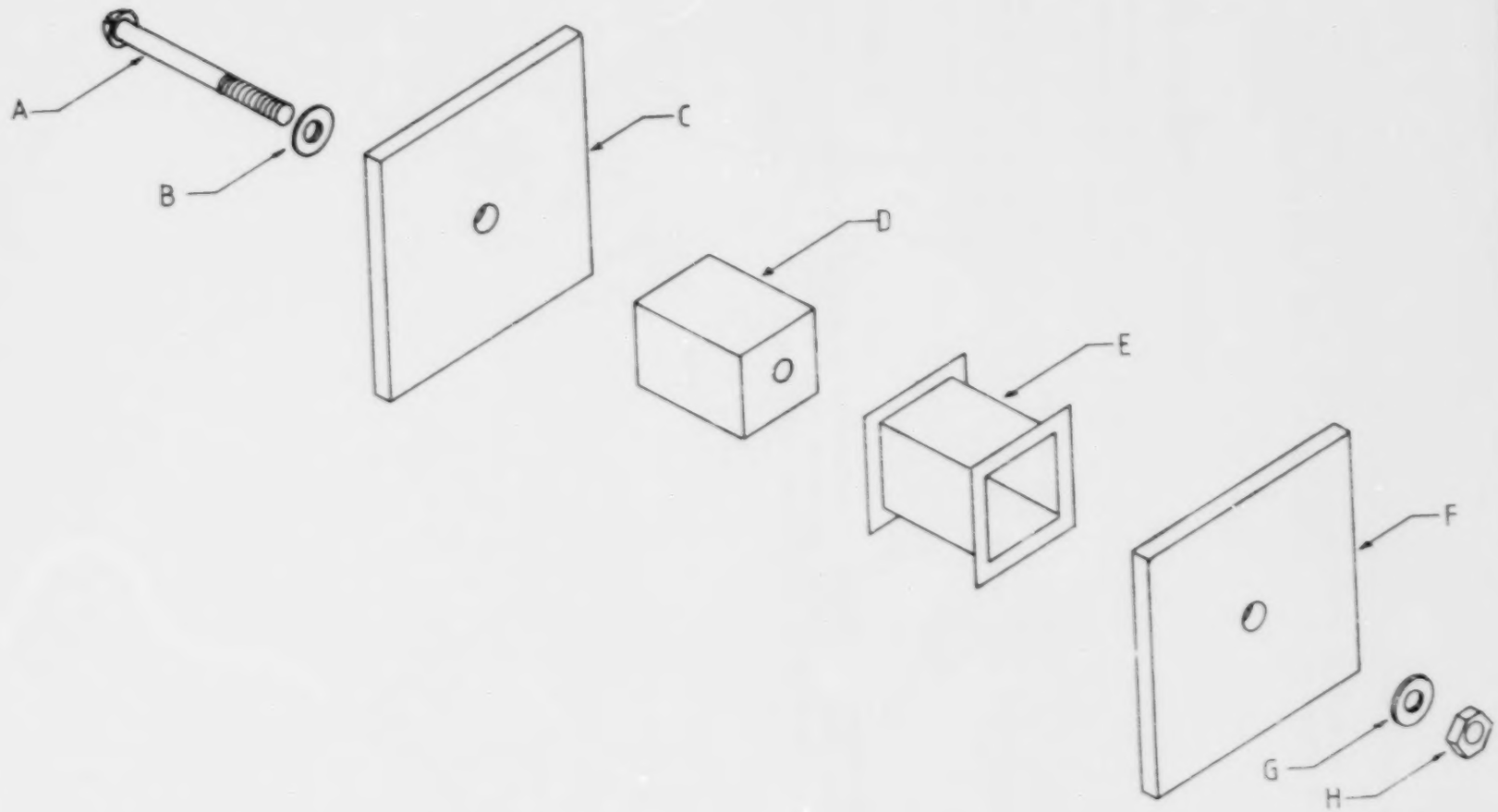
- assemblage du gabarit pour le bobinage des différents enroulements
- bobinage de l'enroulement primaire
- bobinage de l'enroulement secondaire
- désassemblage

ASSEMBLAGE DU GABARIT POUR LE BOBINAGE DES DIFFERENTS ENROULEMENTS

- tailler dans une pièce de bois un bloc aux dimensions suivantes: 33 mm x 33 mm x 46 mm.
- percer un trou au centre dans le sens de la longueur, avec un foret de 8 mm de diamètre.
- découper deux plaques de bois de 10 cm par 10 cm de côté.
- percer un trou de 8 mm de diamètre dans le centre de ces plaquettes.
- assembler dans l'ordre du schéma de la page suivante:
  - A) boulon
  - B) rondelle
  - C) plaque de bois
  - D) bloc de bois
  - E) gabarit
  - F) plaque de bois
  - G) rondelle
  - H) écrou
- serrer le tout fermement.

BOBINAGE DE L'ENROULEMENT PRIMAIRE:

- placer le bout du fil formex # 21 sur le côté gauche du gabarit, en laissant dépasser l'extrémité de ce fil de 30 cm environ.
- bien faire épouser la forme du gabarit à la première spire.
- tourner manuellement une ou deux autres spires afin de maintenir le tout en place.
- commencer le bobinage à l'aide de la bobineuse, jusqu'à ce que la quantité de spires requises soit atteinte en ayant soin de les positionner sans laisser d'espace entre elles.
- lorsque vous êtes arrivés à l'extrême droite, répéter les étapes 3 et 4 en sens inverse.
- lorsque le nombre de spires requis est atteint, ramener l'autre bout du fil vers le côté gauche, soit à la même position que le bout de la première spire.



VUE ISOMÉTRIQUE	ASSEMBLAGE POUR BOBINAGE	AOÛT 1982

- coller à l'aide du papier cache adhésif cette dernière spire.
- laisser dépasser ce bout d'environ 30 cm.
- envelopper le tout avec un papier isolant Duroid de 0.25 mm d'épaisseur (1 tour) et fixer ce dernier à l'aide du papier cache adhésif.

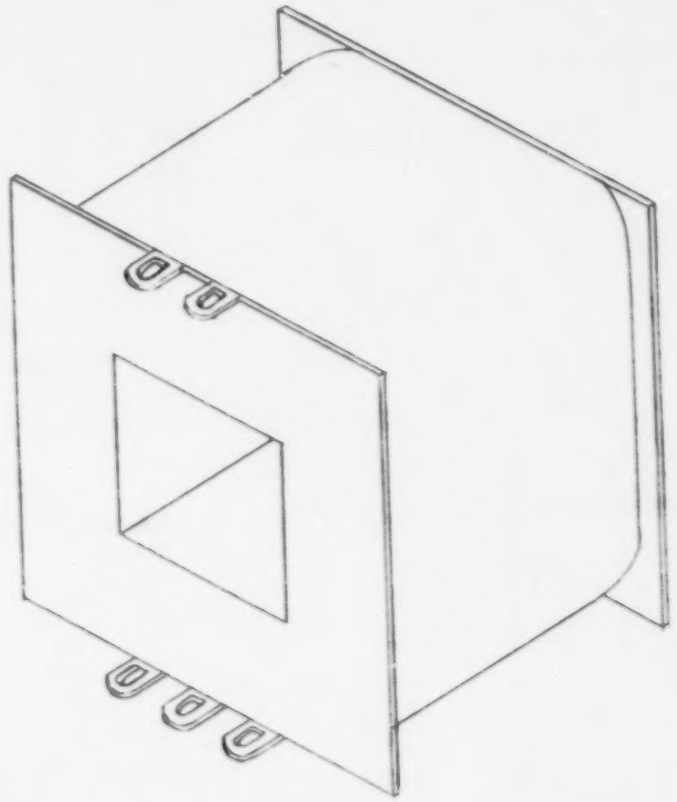
BOBINAGE DE L'ENROULEMENT SECONDAIRE:

Pour réaliser l'enroulement secondaire, on utilise la même procédure que celle employée pour le bobinage du primaire, en exécutant chacune des étapes avec du fil formex # 16.

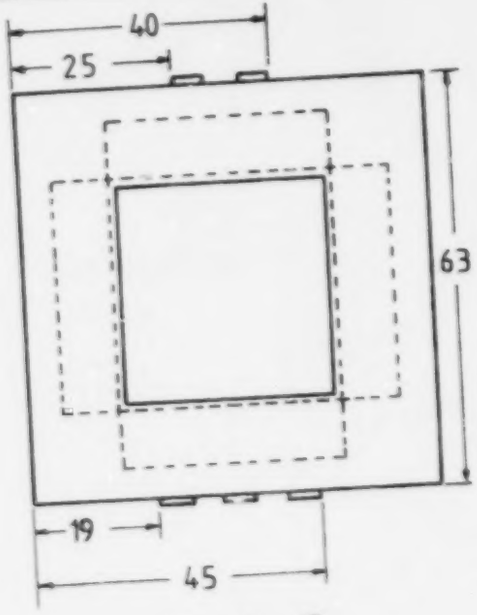
Lorsque la moitié des spires sont bobinées on doit effectuer une boucle à l'extérieur de l'enroulement afin de permettre l'utilisation de la prise médiane. Par la suite on continue le bobinage à partir de l'emplacement où on a exécuté la boucle.

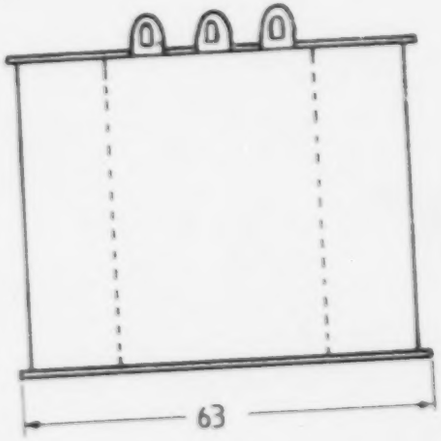
DESASSEMBLAGE:

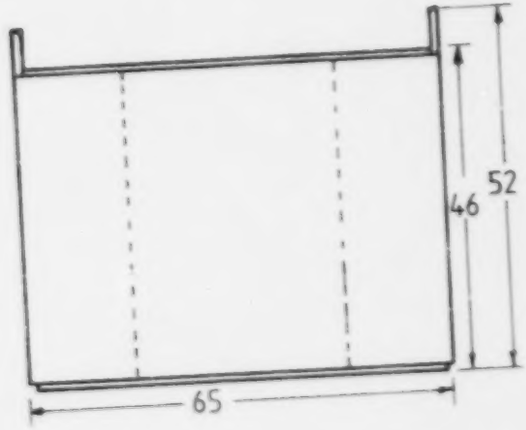
Lorsqu'on a terminé le bobinage du secondaire on procède au désassemblage du noyau, et on fixe à l'aide de colle époxy les terminaux plats normalisés tel qu'indiqué à la figure de la vue isométrique du bobinage.



VUE ISOMETRIQUE	BOBINAGE	ECHELLE: 1 : 1
		AOÛT 1982







PROJECTION ORTHOGONALE	BOBINAGE	ECHELLE: 1:1
COTES: MILLIMÈTRES		AOÛT 1982

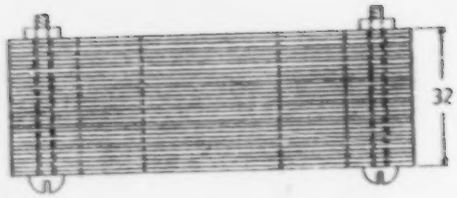
ASSEMBLAGE DES LAMELLES

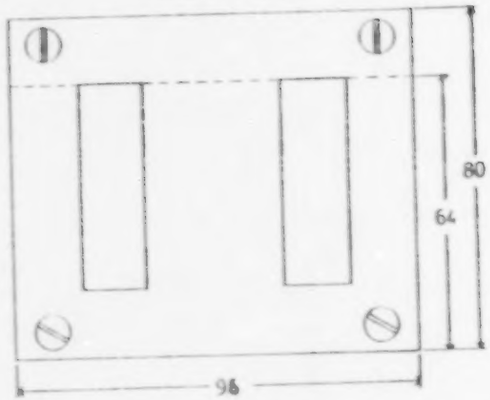
GENERALITES

Lorsque le bobinage est complet, l'étape finale est d'insérer les lamelles d'acier au silicium en formme de E et de I dans le centre de la bobine. La procédure d'insertion est très simple et s'effectue aisément.

Procédure d'assemblage des lamelles

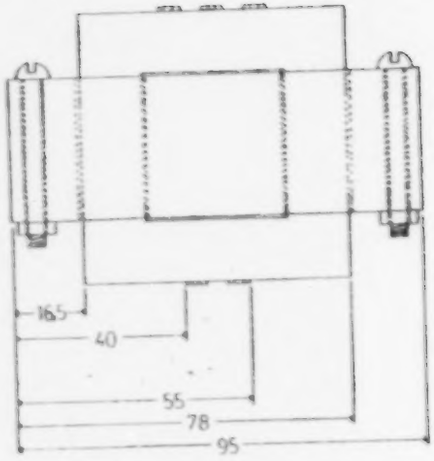
- placer le transformateur de façon à ce que les bornes de l'enroulement primaire soient situées à gauche, en bas.
- disposer de chaque côté du transformateur une série de lamelles en forme de E et de I.
- pour débuter on insère à partir du côté gauche une lamelle en forme de E.
- par la suite on introduit une autre lamelle en forme de E à partir du côté droit par dessus la précédente.
- on continue de cette façon jusqu'à ce que le nombre de lamelles en E requises soit atteint.
- ensuite on incorpore les lamelles en forme de I dans les espaces laissés par l'imbrication des lamelles en E.
- à partir des dimensions indiquées sur le dessin de la charnière on procède à la construction de celle-ci. Pour s'assurer que la fixation du transformateur soit bonne il serait avantageux d'installer 4 charnières sur celui-ci.

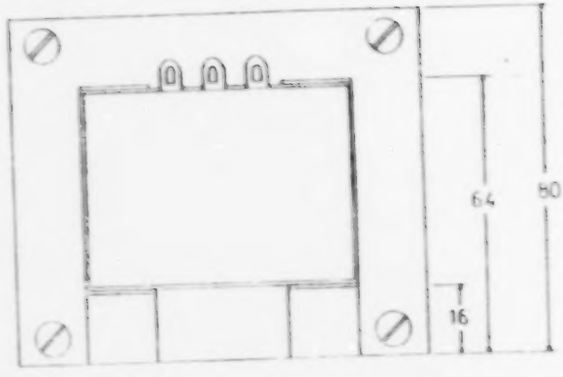


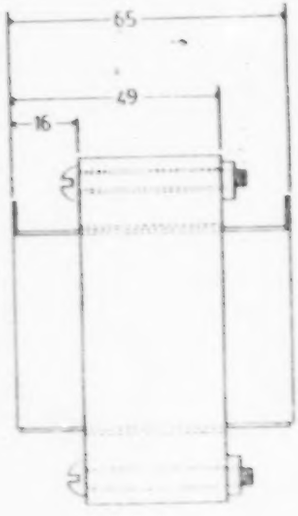


PROJECTION ORTHOGONALE	NOYAU	
COTES: MILLIMETRES		AOÛT 1982

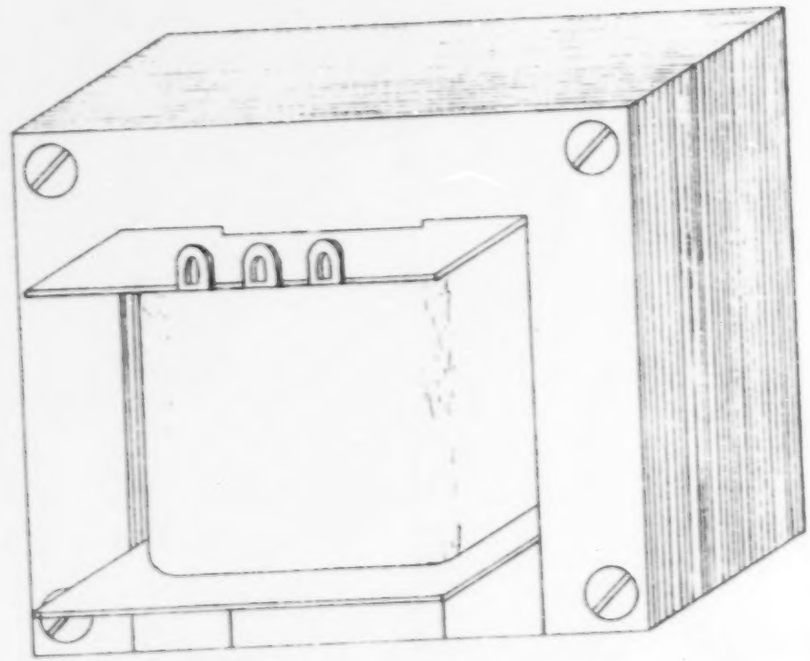
19



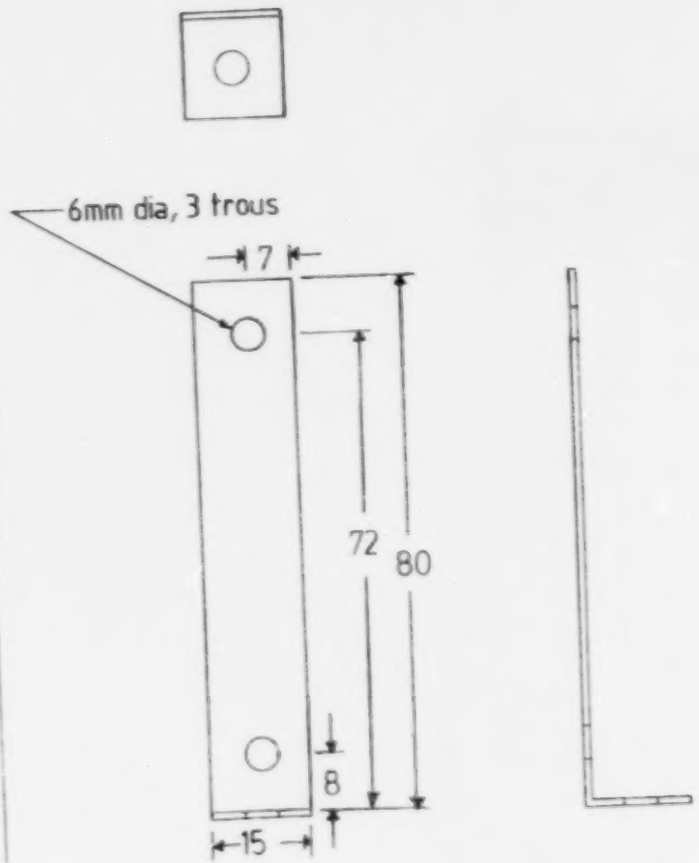




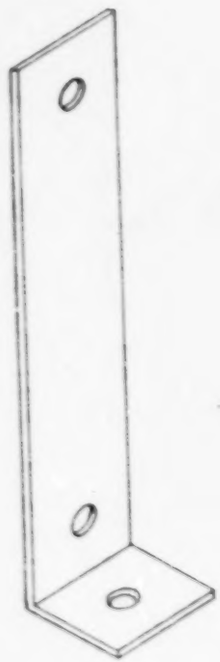
PROJECTION ORTHOGONALE	TRANSFORMATEUR	
COTES : MILLIMETRES		AOÛT 1982



PROJECTION OBLIQUE	TRANSFORMATEUR	ÉCHELLE : 1 : 1
		AOÛT 1982



PROJECTION ORTHOGONALE



VUE ISOMETRIQUE

	CHARNIERE	ECHELLE: 1:1
COTES: MILLIMETRES		AOÛT 1982

ESSAIS

VERIFICATIONS STATIQUES DU TRANSFORMATEUR

Le montage du transformateur étant terminé, on procède aux vérifications préliminaires de ce dernier avant de le brancher à une source de courant alternatif. Ces vérifications statiques du transformateur sont les différents tests de continuité des enroulements et les tests d'isolation.

TESTS DE CONTINUITE

Connaissant la longueur moyenne d'un tour de fil, le nombre de tours que comporte chacun des enroulements et la résistivité des conducteurs par unité de longueur, on peut évaluer la résistance des bobinages primaire et secondaire.

On mesure les enroulements primaire et secondaire à l'aide d'un ohmmètre:

- une résistance infinie indique une coupure de l'enroulement.
- une résistance plus faible que celle calculée indique un court-circuit au niveau de l'enroulement.

TESTS D'ISOLATION

A l'aide d'un mégohmmètre on vérifie l'isolation entre:

- l'enroulement primaire et l'enroulement secondaire
- l'enroulement primaire et le noyau
- l'enroulement secondaire et le noyau.

VERIFICATIONS DYNAMIQUES DU TRANSFORMATEUR

Les différentes vérifications dynamiques du transformateur ont entre autre pour but de vérifier si notre transformateur rencontre les performances exprimées dans le cahier des charges. Ces vérifications sont les suivantes:

- essai à courant continu
- essai à vide
- essai en court-circuit
- pertes et rendement d'un transformateur
- régulation du transformateur.

PERTES ET RENDEMENT D'UN TRANSFORMATEUR

Comme toute machine électrique, le transformateur occasionne des pertes de puissance. Ces pertes sont causées par: l'effet Joule dans les deux enroulements, l'hystérésis et les courants de Foucault dans le fer.

Pour évaluer les pertes d'un transformateur en charge nominale, on y branche une charge résistive au secondaire de façon à ce que ce dernier tire son courant nominal; puis on mesure à l'aide d'un wattmètre la puissance débitée au secondaire et au primaire. En faisant la différence des deux puissances on obtient les pertes totales dans le transformateur.

On évalue le rendement d'un transformateur en fonction de la puissance d'entrée et de la puissance que l'on obtient à la sortie d'un transformateur. Le pourcentage de rendement d'un transformateur s'exprime par la formule suivante:

$$\% \text{ de rendement} = \frac{W \text{ sortie} \times 100}{W \text{ entrée}}$$

REGULATION DU TRANSFORMATEUR

Pour évaluer la régulation d'un transformateur on mesure la tension secondaire à vide, on y branche une charge résistive de façon à tirer sa charge nominale (3A), on y mesure à nouveau la tension au secondaire; le calcul du pourcentage de régulation (%) du transformateur s'évalue à partir de la formule suivante:

$$\% \text{ régulation} = \frac{Esc - Eec}{Eec} \times 100$$

Esc = Tension sans charge au secondaire
Eec = Tension en charge au secondaire

N.B.: On peut évaluer la régulation d'un transformateur pour des charges inductives et capacitives, dans ce cas on se sert de charge ayant des facteurs de puissance de (F.P.) de 0.7 arrière et de 0.7 avant.

ESSAI A COURANT CONTINU

Cet essai vise à évaluer la résistance des enroulements primaire et secondaire à partir du circuit de la figure 3.

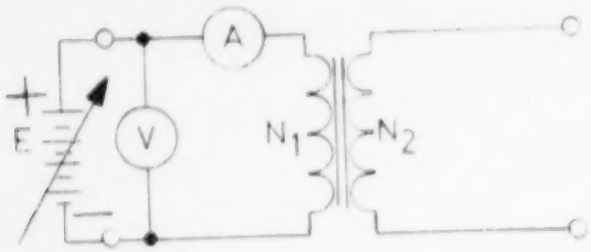


Fig. 3 Essai à courant continu

Pour mesurer la résistance du bobinage secondaire on branche la source de tension et les appareils sur l'enroulement secondaire, l'enroulement primaire étant ouvert.

ESSAIS A VIDE

L'essai à vide nous permet de mesurer le rapport de transformation et de déterminer la puissance réactive dans les enroulements primaire et secondaire du transformateur.

Le rapport de transformation s'évalue à partir des mesures de tension du circuit de la figure 4.

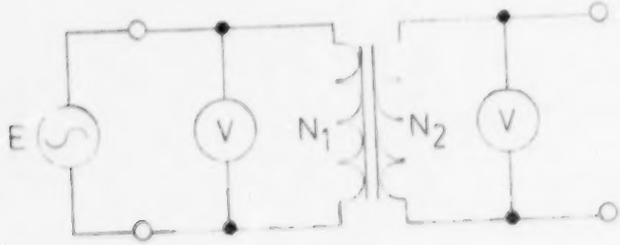


Fig. 4 Essai à vide

La puissance active, le calcul de la puissance réactive et de la réactance de magnétisation sont déterminés à partir des mesures de la puissance, de la tension et du courant du circuit de la figure 5.

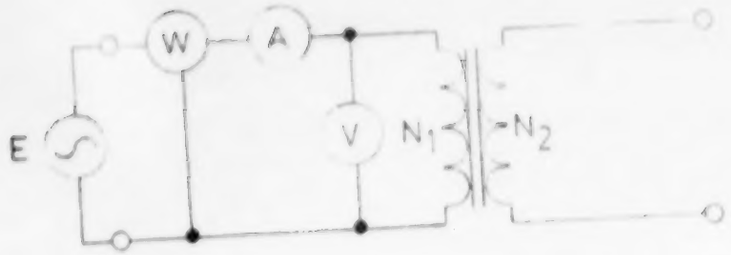


Fig. 5 Essai à vide

et à l'aide des deux formules

$S = \sqrt{Q^2 + W^2}$

S = Puissance apparente
Q = Puissance réactive
W = Puissance active

$Xm = \frac{E^2 \text{ au primaire (circuit ouvert)}}{Q \text{ au primaire (circuit ouvert)}}$

Xm = Réactance de magnétisation

ESSAI EN COURT-CIRCUIT

L'essai en court-circuit nous permet de déterminer l'impédance, le pourcentage d'impédance d'un transformateur ainsi que la résistance et la réactance des enroulements. Pour ce faire, il suffit de placer le secondaire en court-circuit et d'alimenter le primaire avec une tension réduite telle que le courant au primaire ne dépasse pas le courant nominal.

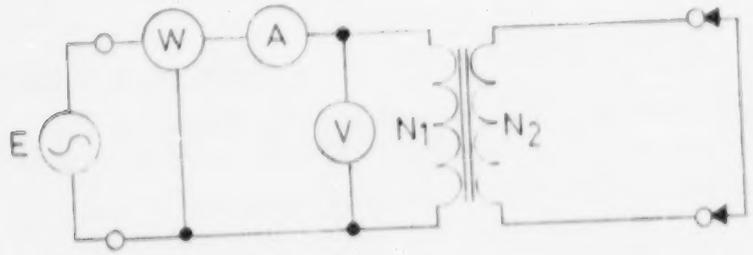


Fig. 6 Essai en court-circuit

DEPANNAGE

PANNES DES TRANSFORMATEURS

Les transformateurs sont des organes robustes; lorsqu'ils sont construits convenablement avec des matériaux de choix, et utilisés dans les conditions pour lesquelles ils ont été prévus, leur durée de vie est pratiquement illimitée. La seule chose à craindre est une oxydation lente des conducteurs pouvant provoquer la coupure d'un enroulement.

Le processus de destruction des transformateurs par cause externe est le suivant: échauffement exagéré, entraînant la carbonisation des isolants, et court-circuit des spires dont l'isolant a été détruit.

Cet échauffement peut être occasionné par une surtension ou par une surcharge.

Les surcharges sont de deux natures:

- les unesont pour cause une utilisation du transformateur sur les circuits consommant une intensité trop élevée de courant, par rapport aux sections de fils des enroulements, ces surcharges provoquent à la longue la détérioration du transformateur;
- les autres sont engendrées par un court-circuit dans le circuit d'utilisation; la surcharge est très importante dans ce cas, et la destruction du transformateur est rapide.

D'autres causes peuvent surgir pour altérer le fonctionnement normal du transformateur; tel le manque d'isolation, conducteurs coupés, spires court-circuitées lors du bobinage, c'est-à-dire que l'émail couvrant le fil a été éraflé. Une autre cause qui peut nuire au bon fonctionnement, c'est le manque d'isolation entre les lamelles composant le corps ou le noyau du transformateur,celles-ci causent une augmentation de courant dans le noyau, faisant élever la température de l'ensemble du transformateur tout en réduisant son efficacité. Le phénomène se nomme les pertes par courants de Foucault. Pour en réduire les effets on doit s'assurer que les lamelles soient isolées les unes des autres avec une mince pellicule d'isolant.

PAS DE TENSION AU SECONDAIRE

S'il n'y a pas de tension au secondaire on peut en déduire que: soit l'enroulement primaire ou secondaire est ouvert.

Note: Avant d'effectuer ces vérifications, il faut s'assurer que les raccordements au secteur sont bien branchés au transformateur, car une mauvaise connection au primaire peut causer le non-fonctionnement du transformateur.

BAISSE DE TENSION AU SECONDAIRE SANS CHARGE

Ceci peut être dû à un court-circuit entre les spires dans l'enroulement primaire aussi bien que dans le secondaire.

Ces courts-circuits peuvent être causés par un bris de l'isolant durant

le boninage du transformateur.

L'insuffisance de tension au secondaire peut être aussi causée par un nombre de spires inadéquat au primaire ou au secondaire.

TENSION ELEVEE AU SECONDAIRE SANS CHARGE

Cette surtension qui dépasse les limites prescrites dans le cahier des charges soit 44 + 2 V peut être due à un surplus de spires qui composent l'enroulement du secondaire ou à un manque de spires de l'enroulement primaire.

Il est normal que le transformateur offre quelques volts de plus sans charge.

Si la tension dépasse une limite de 48V ceci peut dépendre d'un surplus de spires au secondaire ou d'un manque de spires au primaire.

VERIFICATION DU NOMBRE DE SPIRES

Pour vérifier le nombre de spires dans le transformateur, on doit au départ enrouler autour du noyau de celui-ci un troisième enroulement dont on connaît le nombre de spires (environ 30 tours). En mesurant avec un voltmètre, la tension induite dans cet enroulement, on peut déduire le nombre de spires contenues dans le bobinage du primaire du transformateur par l'équation suivante:

$$Np = \frac{110\ N}{e}$$

110 = tension du secteur appliquée au primaire
N = nombre de spires connues
e = tension induite dans l'enroulement connue

$$Ns = \frac{44\ N}{e}$$

44 = tension nominale appliquée au secondaire
N = nombre de spires connues
e = tension induite dans l'enroulement connue.

Le pourcentage de précision de cette méthode est d'environ 2%

IMPREGNATION DU TRANSFORMATEUR

MATERIEL

- élément chauffant
- contenant de verre ou de métal
- lacque synthétique
- thermomètre

GENERALITE

L'imprégnation est une opération consistant à immerger le transformateur au complet dans un produit isolant. Elle a pour but:

- d'améliorer l'isolement;
- de soustraire les éléments de l'humidité et de toute autre impureté susceptible d'engendrer une réaction chimique ou une détérioration sous l'action combinée de la chaleur et du champ électrique;
- d'accroître la résistance aux contraintes mécaniques;
- de maintenir les spires des enroulements à leur place respective;
- d'éviter les vibrations des tôles pour les circuits magnétiques;
- de limiter l'échauffement en réalisant un équilibre entre la température du point le plus chaud et l'isolant de la surface extérieure.

Du point de vue électrique, le produit utilisé pour l'imprégnation ne recherche qu'à augmenter la résistance d'isolation des matières en cause.

La méthode d'imprégnation décrite ci-dessous propose de protéger le transformateur à partir d'une laque synthétique.

Elle présente l'avantage d'être imperméable à l'humidité et la résistance au vieillissement est très longue.

PROCEDURE D'IMPREGNATION

Avant d'effectuer l'imprégnation du transformateur dans la solution chaude, on doit s'assurer que toute trace d'humidité soit disparue entre les enroulements et les lamelles. Le séchage s'effectue en appliquant une faible tension alternative ou primaire, tout en gardant l'enroulement secondaire court-circuité. L'intensité de courant qui le traverse doit être égale ou légèrement supérieure au courant nominal, afin qu'il soit porté à une température de 50°C. Cette opération doit durer au moins de 1 à 2 heures.

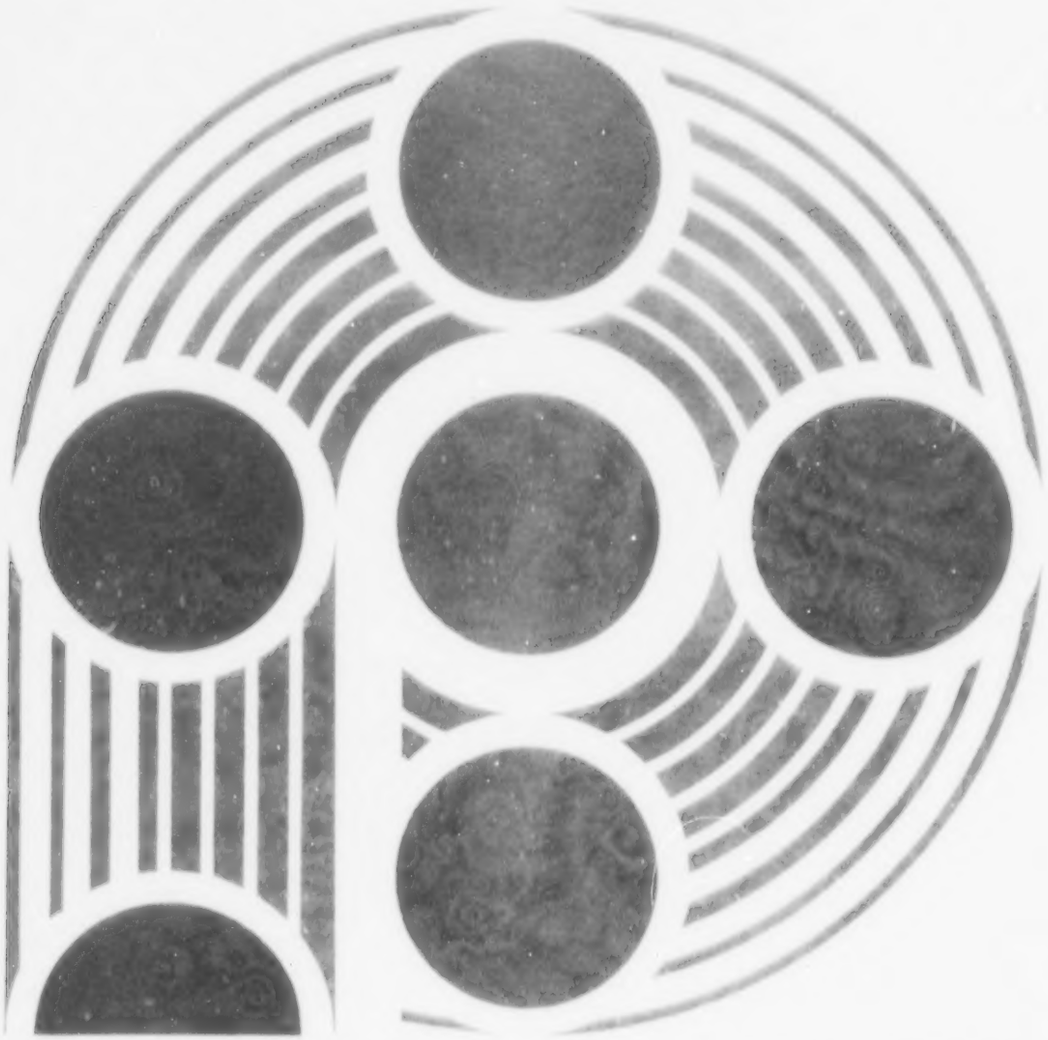
Lorsque la laque synthétique est à la température prescrite par le fabricant, on plonge le transformateur dans ce bain et il doit y rester pendant environ 2 heures pour permettre à la solution de bien pénétrer dans les interstices du transformateur.

Après que le temps de trempage soit écoulé, laisser égoutter le transformateur en le suspendant au-dessus du bain, pour permettre l'égouttement du surplus de la solution dans le bac.

Par la suite, faire sécher dans un four à température contrôlée de 120°C pendant 1 heure. Cette procédure s'appelle la cuisson (recuit) du transformateur.

FIN

EDUQ 8570711 B



CENTRE D'INTERET

TRANSFORMATEUR

Document du professeur

Louis R. Joyal

ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

EDUQ 8570711 B

CENTRE D'INTERET

LE TRANSFORMATEUR

Niveau : Secondaire professionnel

Spécialité: Electrotechnique

Profil : Tronc commun
(281,400)

Cette recherche a été réalisée grâce à une subvention du ministère de l'Education du Québec au programme de perfectionnement des maîtres de l'enseignement professionnel (PPMEP) de l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Août 1982

Document du professeur

INFORMATION PRELIMINAIRE

En octobre 1979, la Direction générale de l'enseignement supérieur du ministère de l'Education du Québec autorisait le projet de recherche intitulé "Approche pédagogique par la méthode des centres d'intérêt au niveau secondaire professionnel en électrotechnique".

L'approche pédagogique par centres d'intérêt a été définie par l'équipe de recherche de la façon suivante: "l'approche pédagogique par centres d'intérêt est un enseignement où les activités d'apprentissage sont programmées à partir d'une problématique impliquant la réalisation d'un objet technique, retenu en fonction de son intérêt pour celui qui apprend et en relation avec les exigences des milieux industriels, afin que les capacités à acquérir, telles les informations, les habiletés intellectuelles, les stratégies cognitives, les attitudes, les habiletés motrices et les habitudes expérimentales soient désirées parce qu'elles sont celles exigées par la profession".

Cette définition est aussi valable au niveau collégial et en milieu industriel.

Cette approche pédagogique provoque, selon Bianciotto et Boye[1], "une situation nouvelle qui ne remet pas en cause le système modulaire appliqué aux programmes d'études, mais impose un ordonnancement différent des contenus des modules, ce qui lui confère, outre son caractère multidisciplinaire, une caractéristique d'enseignement intégré".

Un enseignement intégré vise à utiliser les contenus des modules comme des outils par rapport à un thème précis en rapport avec le profil visé.

---

1 BIANCIOTTO A., BOYE P.; Rapport de mission, juillet/août 1980.

Clientèle visée

La maquette didactique de ce centre d'intérêt, le guide pédagogique du professeur et celui de l'élève forment un ensemble qui a été structuré pour répondre aux besoins des professeurs qui enseignent le profil 281.400 "tronc commun" et qui désirent utiliser l'approche pédagogique par centres d'intérêt.

Equipe de recherche

Les membres de l'équipe de recherche ayant participé à la réalisation de ce centre d'intérêt sont:

DUPONT, Laurier	Attaché de recherche
JOYAL, Louis R.	Professeur responsable du projet
RICARD, Yves	Professeur

L'équipe de recherche tient à remercier messieurs Alain Lamy et Roger Simard, professeurs au Département d'électrotechnique à la polyvalente des Chutes de Shawinigan, d'avoir bien voulu accepter d'expérimenter ce centre d'intérêt avec leur groupe d'élèves du secondaire V intensif.

De la même collection

- Amplificateur audio. Document du professeur et document de l'élève. Novembre 1980.
- Système de récupération automatique. Document du professeur et document de l'élève. Mai 1981.
- Système d'alarme. Document du professeur et document de l'élève. Septembre 1981.
- Bloc d'alimentation régularisé. Document du professeur et document de l'élève. Août 1982.
- Amplificateur de puissance stéréophonique. Document du professeur et document de l'élève. Décembre 1982.

TABLE DES MATIERES

1. PHASE ETUDE 1

1.1 Contenu 1
1.1.1 Cahier des charges 1

1.2 Ressources 1
1.2.1 Cahier des charges 1

1.3 Objectifs - Exigences - Evaluation 4

2. PHASE ORGANISATION 5

2.1 Contenu 5
2.1.1 Liste de matériel 5
2.1.2 Méthode générale d'exécution 5
2.1.3 Liste d'outillage 5

2.2 Ressources 5
2.2.1 Liste de matériel 5
2.2.2 Méthode générale d'exécution 7
2.2.3 Liste d'outillage 7

2.3 Objectifs - Exigences - Evaluation 9

3. PHASE EXECUTION 10

3.1 Contenu 10
3.1.1 Montage du transformateur 10

3.2 Ressources 10
3.2.1 Montage du transformateur 10

3.3 Objectifs - Exigences - Evaluation 13

4. PHASE MISE EN SERVICE 14

4.1 Contenu 14
4.1.1 Certificat de conformité 14

4.2 Ressources 14
4.2.1 Certificat de conformité 14

4.3 Objectifs - Exigences - Evaluation 15

5. PHASE EXPLOITATION 16

5.1 Contenu 16
5.1.1 Dossier de dépannage 16

5.2 Ressources 16
5.2.1 Dossier de dépannage 16

5.3 Objectifs - Exigences - Evaluation 18

LE TRANSFORMATEUR

1. PHASE ETUDE

1.1 Contenu

1.1.1 Cahier des charges

1.2 Ressources

A chacune des activités de la phase étude sont associées des ressources pédagogiques. Chaque ressource traduit l'intégration partielle ou totale des contenus des modules concernés par le centre d'intérêt.

Remarques importantes:

Les propositions de ressources ci-dessous ne sauraient en aucun cas, constituer une liste type, mais peuvent servir de modèle. La quantité et le contenu des ressources dépendent de certaines données d'entrée importantes telles que: activités antérieures des élèves, niveau de la classe et le degré d'autonomie des élèves. Les ressources contenues dans ce centre d'intérêt devraient être abondantes, puisque celui-ci s'adresse à des étudiants de secondaire IV qui en sont à leurs premières armes en électrotechnique.

Il est à noter que les ressources documentaires sont laissées à l'initiative de l'enseignant qui aura le souci de privilégier l'exploitation de documents de constructeurs.

1.2.1 Cahier des charges

Activités:

Identification, utilisation et connaissance des principes généraux de fonctionnement et de fabrication des inductances et des transformateurs de puissance. Décodage et interprétation des diverses caractéristiques électriques fournies dans les tables de spécification d'un transformateur.

MODULES	CONTENUS THEORIQUES ET PRATIQUES INTEGREES
230-212 Inductance et inducteurs	Les inducteurs: définition, principes de fonctionnement et de construction, types de noyau, symboles, effets sur les variations de courant et usages. L'inductance: définition, unité de mesure (définition), sous-multiples utilisés (milli et micro), manière de les convertir, effets du noyau et du nombre de tours de fil sur la valeur inductive, effets de la vitesse des variations sur l'effet inductif, inductance variable et moyens de l'obtenir. Comment vérifier la conduction avec un ohmmètre et défectuosités possibles. Les circuits inductifs; montage en série et montage en parallèle, effets et calculs.
230-216 Transformateurs de puissance électrique	Transformateurs: définition, principe de l'induction mutuelle, parties composantes, types de noyau (laminé, poudre métallique et ferrite), rapport de courant, transformateurs avec prise médiane, rendement, pertes et blindage. Utilisation des transformateurs. Instrument de mesure de la puissance en courant alternatif. Wattmètre: principes de fonctionnement et utilisation.
230-213 Génératrices de courant alternatif avec charge résistive	Utilisation des instruments de mesure de courant alternatif (voltmètre, ampèremètre, wattmètre). Utilisation de l'oscilloscope.

Exercices:

L'élève exécute des montages relatifs aux inductances et aux transformateurs à l'aide des ensembles CONSULAB, LAB-VOLT, PHILCO, etc.

Référence: LAB-VOLT "Expériences d'électricité"

A) Exp. # 31 - "L'inductance".

B) Exp. # 32 - "Les transformateurs".

C) Exp. # 33 - "La bobine d'induction".

D) Etc.

A partir d'un transformateur non identifié qu'on lui aura fourni et d'une documentation adéquate, l'élève devra déterminer les principales caractéristiques de son transformateur telles que: rapport de nombre de tours, nombre de tours au primaire, nombre de tours au secondaire, pertes, puissance, etc.

1.3 Objectifs - Exigences - Evaluation

OBJECTIFS	EXIGENCES - EVALUATION
Etre capable:	En se limitant:
d'identifier les différents types de transformateurs, leurs parties composantes et leurs principes de fabrication; de comprendre les principes généraux de fonctionnement et de déterminer les principales caractéristiques d'un transformateur.	- aux transformateurs d'utilisation courante et plus spécialement aux transformateurs de puissance utilisés dans les appareils électroniques. L'élève devra déterminer les principales caractéristiques d'un transformateur inconnu qu'on lui aura fourni telles que: rapport de nombre de tours, nombre de tours au primaire, nombre de tours au secondaire, pertes, puissance, etc.
d'utiliser et de comprendre sommairement les formules relatives à la construction des transformateurs.	- aux formules se limitant aux connaissances de son niveau. L'élève devra, à partir de la documentation qu'on lui aura fournie, déterminer certains paramètres des différents éléments qui entrent dans la construction de son transformateur.

2. PHASE ORGANISATION

2.1 Contenu

2.1.1 Liste de matériel

A partir de documents de la phase étude et de la phase organisation, l'étudiant établit la liste de matériel à commander:

- lamelle d'acier au silicium en forme de E et de I;
- fil "formex";
- papier isolant;
- organes d'assemblage;
- etc.

2.1.2 Méthode générale d'exécution

Identification et planification des diverses étapes de fabrication du transformateur.

2.1.3 Liste d'outillage

L'étudiant dresse la liste des outils qu'il entend utiliser pour réaliser son transformateur.

2.2 Ressources

A partir des activités de la phase organisation sont associées des ressources pédagogiques. Chaque ressource traduit l'intégration partielle ou totale des contenus des modules concernés par le centre d'intérêt.

2.2.1 Liste de matériel

Activités:

Acquisition des désignations commerciales et des diverses utilisations des composants. Utilisation rationnelle des catalogues de fabricants.

MODULES	CONTENUS THEORIQUES ET PRATIQUES INTEGREES
230-216 Transformateur de puissance électrique	Nomenclatures de pièces ou parties composantes du transformateur.
340-552 Organes d'assemblage	Assemblage par organes filetés; types de boulons: usages, formes, dimensions, sortes de filets; types de vis: usages, formes, dimensions, sortes de filets; goujons filetés; prisonniers, usages: accessoires: types de rondelles, formes, dimensions, usages; écrous: formes, dimensions, usages: goupilles: de fixation, de centrage. Les différents types de colles, leurs usages.
230-202 Résistance et résisteurs	Les conducteurs: formes, compositions courantes. Calibration de conducteur.

Exercices:

L'élève devra, à partir du cahier des charges et des diverses informations acquises lors de la phase étude et de la phase organisation, rédiger une liste d'approvisionnement en matériel qui réponde aux besoins de fabrication du transformateur. Cette liste devrait faire état des prix et suggérer, si possible, plusieurs sources d'approvisionnement.

2.2.2 Méthode générale d'exécution

Activités:

Initiation à la planification des diverses activités de fabrication améliorant l'efficacité dans la réalisation de tout objet technique.

> N.B. Il n'existe pas dans ce profil (Tronc commun: électrotechnique 230-400) de contenus de modules directement liés à la planification d'activités de fabrication, mais nous croyons que cette initiation à la planification est un complément valable à la formation de l'élève.

Exercices:

L'élève planifie les diverses activités de fabrication de son transformateur. Cette planification devra faire état de chacune des étapes de fabrication, des activités liées à chacune des étapes et du critère "temps de réalisation".

2.2.3 Liste d'outillage

Activités:

Acquisition de la désignation commerciale et identification de l'usage de différents outillages.

MODULES		CONTENUS THEORIQUES ET PRATIQUES INTEGREES
230-203	Joints, raccords, soudures	Outils à souder; sortes: fers, pistolets et torches; utilisation et entretien.
340-548	Outillage d'établi, sciage et limage	L'étau d'établi: types, usages, mordache, généralités et entretien. Les outils manuels ou coupants. Les marteaux: machiniste, tôlier, menuisier et massettes. Les tournevis: standard, coudés, cruciformes, carrés, à spirale et à cliquet. Les outils manuels pour coupe de métaux. les ciseaux. Les limes: classification, formes, dimensions et usages. Les grattoirs: plats, triangulaires et incurvés. Les outils manuels motorisés: perceuses électriques. Les perceuses électriques (types et utilisation): à colonne, radiales et portatives. Accessoires de perçage: mandrins; cônes; douilles et réduction, extensions; modes de fixation: étaux, serres, brides, équerres de montage, blocs en V, cales parallèles, gabarits de perçage et d'ablocage. Forets: vitesse de coupe, avance; désignation: numéros, lettres et fractions; matériel de fabrication; angles d'affûtage; dépouille, pointe, âme selon les matériaux à percer et lubrifiants.
340-550	Eléments de travaux à l'établi	Généralités: définition, but, usages; les instruments de traçage: pointes à tracer, règles, équerres, etc.; description, mode d'utilisation.

Exercices:

A partir des besoins de fabrication du transformateur, l'élève dresse la liste des outils qu'il entend utiliser en ayant soin de les identifier par leur nom spécifique.

2.3 Objectifs - Exigences - Evaluation

OBJECTIFS	EXIGENCES - EVALUATION
Etre capable:	En se limitant:
de rédiger une liste d'approvisionnement en matériel qui réponde aux besoins de fabrication d'un objet technique simple, tel le transformateur.	- à l'utilisation de trois catalogues au maximum. L'élève devra, à partir de documents de la phase étude, de la phase organisation et d'informations fournies par le professeur (catalogues, noms et adresses de fournisseurs de la région, etc.), établir une liste de matériel économique qui réponde aux besoins de fabrication du transformateur.
de planifier les diverses étapes de fabrication de son transformateur.	- à une planification basée sur des activités en fonction d'une fabrication unitaire de transformateurs; - à l'identification de chacune des étapes de fabrication et des activités qui y sont rattachées; - à l'évaluation approximative du temps de réalisation. L'élève devra, à partir des divers plans qu'on lui a fournis dans le document élève, planifier les diverses étapes de fabrication de son transformateur.
de préparer une liste d'outillage.	- à des outillages manuels. L'élève devra, à partir d'une planification des travaux à exécuter, établir la liste des outillages qu'il prévoit utiliser en respectant leur désignation commerciale.

3. PHASE EXECUTION

3.1 Contenu

3.1.1 Montage du transformateur

Fabrication et assemblage des divers éléments constituant le transformateur:

- fabrication du gabarit;
- bobinage du primaire et du secondaire;
- fabrication des charnières;
- assemblage des laminations et des divers éléments du transformateur;
- imprégnation du transformateur;
- mise sous tension provisoire.

3.2 Ressources

A chacune des activités de la phase exécution sont associées des ressources pédagogiques. Chaque ressource traduit l'intégration partielle ou totale des contenus des modules concernés par le centre d'intérêt.

3.2.1 Montage du transformateur

Activités:

Acquisition des diverses habiletés intellectuelles et motrices liées à l'utilisation rationnelle de divers outillages. Utilisation rationnelle d'un guide de fabrication.

MODULES	CONTENUS THEORIQUES ET PRATIQUES INTEGREES
310-458 Projections orthogonales	Boîte transparente, projection, projection orthogonale américaine, illustrations conventionnelles, vues, choix de vues, nombre de vues, dessins à une vue, dessins à deux vues, dessins à trois vues, pièces symétriques, vues partielles, agencement des vues, disposition des vues.
310-462 Cotation appliquée	Dessin et matériel didactique appliqué au secteur de l'étudiant. Lignes d'attache, lignes de cotes, cotes, cotes de références, symboles, annotations générales, lignes de renvoi, annotations particulières, lignes d'axe utilisées comme lignes d'attache, orientation des cotes, unités de mesure, cotations tabulaires, détails et symboles courants utilisés dans le secteur de l'étudiant.
310-478 Dessin d'assemblage mécanique	Composant d'un assemblage, hachures symboliques, organes de machines: taraudage, alésages, filets, vis, boulons; écrous, rondelles, ressorts, clavettes, goupilles, goujons, rivet, soudure. Jeux, tolérances, limites, symboles d'usinage, de perpendicularité, de parallélisme, de nomenclature. Coupe de dessin, d'assemblage.
340-548 Outillage d'établi, sciage et limage	Techniques de limage sur surfaces planes, courbées et en coin. Exercices d'affûtage d'un foret et d'un outil brisé (tournevis). Exercices de manipulation d'outils de sciage, de découpage manuel et de limage.
340-550 Eléments de travaux à l'établi	Comment utiliser les instruments de traçage, règles, équerres, etc.

340-552 Organes d'assemblage	Exercices d'identification des organes convenant à des assemblages spécifiques; de détermination des dimensions et formes d'organes selon les efforts exercés. Expérimentation sur différents types d'assemblage. Les différents types de câbles, modes d'emploi.

Exercices:

A partir des divers documents du centre d'intérêt, l'élève procède à la fabrication des divers éléments constituant le transformateur et en exécute l'assemblage conformément à la procédure exprimée dans le centre d'intérêt.

Le transformateur terminé, l'élève procède à un essai et à un contrôle sommaire (qualitatif) de fin de fabrication.

3.3 Objectifs - Exigences - Evaluation

OBJECTIFS	EXIGENCES - EVALUATION
Etre capable:	En se limitant:
de lire, d'interpréter, d'utiliser et de dessiner des projections orthogonales et des dessins d'assemblage mécanique.	- aux dessins d'électrotechnique adaptés à son niveau. L'élève devra produire ou compléter un dossier "dessins techniques" qui réponde aux besoins de réalisation du transformateur.
d'identifier, de sélectionner en fonction des diverses opérations à réaliser et d'utiliser rationnellement les divers outils.	- aux divers outillages dont l'étudiant aura à se servir dans le centre d'intérêt. L'élève devra sélectionner et utiliser rationnellement les outils disponibles qui répondent le mieux aux besoins de fabrication du transformateur.
d'effectuer un contrôle de fin de fabrication.	- à un contrôle visuel de qualité; - à une vérification sommaire du fonctionnement du transformateur. L'élève devra, par un branchement approprié, vérifier le bon fonctionnement du transformateur.

4. PHASE MISE EN SERVICE

4.1 Contenu

4.1.1 Certificat de conformité

A partir des spécifications exprimées dans le cahier des charges sont vérifiées les caractéristiques techniques du transformateur.

4.2 Ressources

A chacune des activités de la phase mise en service sont associées des ressources pédagogiques. Chaque ressource traduit l'intégration partielle ou totale des contenus des modules concernés par le centre d'intérêt.

4.2.1 Certificat de conformité

Activités:

Acquisition des méthodes et des moyens relatifs aux mesures des performances des transformateurs de puissance.

MODULES	CONTENUS THEORIQUES ET PRATIQUES INTEGREES
230-216 Transformateur de puissance électrique	Démonstration et branchement d'un wattmètre C.A. Exercices sur les transformateurs monophasés et analyse des rapports (nombre de tours de fils, voltage et courant).
230-213 Génératrice de courant alternatif avec charge résistive	Utilisation des instruments de mesure de courant alternatif (voltmètre, ampèremètre, wattmètre). Utilisation de l'oscilloscope.

Exercices:

A l'aide de différents appareils: "ohmmètre, megohmmètre, voltmètre, ampèremètre, wattmètre et oscilloscope", l'élève détermine les caractéristiques techniques de son transformateur et vérifie leur conformité à la table de spécification exprimée dans le cahier des charges.

4.3 Objectifs - Exigences - Evaluation

OBJECTIFS	EXIGENCES - EVALUATION
Etre capable:	En se limitant:
d'évaluer les performances d'un transformateur et d'en ressortir les caractéristiques techniques.	- aux transformateurs d'utilisation courante et plus spécialement aux transformateurs de puissance utilisés dans les appareils électroniques. L'élève devra, en se munissant de la documentation nécessaire et d'appareils adéquats, vérifier si son transformateur rencontre les spécifications exprimées dans le cahier des charges.

5. PHASE EXPLOITATION

5.1 Contenu

5.1.1 Dossier de dépannage

Elaboration d'une liste de pannes possibles que l'on peut retrouver en fin de fabrication et lors de l'utilisation continue d'un transformateur, suggestion de différentes méthodes pour repérer et réparer ces pannes.

5.2 Ressources

A chacune des activités de la phase exploitation sont associées des ressources pédagogiques. Chaque ressource traduit l'intégration partielle ou totale des contenus des modules concernés par le centre d'intérêt.

5.2.1 Dossier de dépannage

Activités:

Acquisition des diverses méthodes de vérification et des techniques de dépannage relatives aux transformateurs.

MODULES	CONTENUS THEORIQUES ET PRATIQUES INTEGREES
230-210 Montage électrique des instruments de mesure et lois de kirchoff	Le volt-ohm-milliampèremètre (VOM); calculs et applications.
230-216 Transformateurs de puissance électrique	Techniques de vérification et de dépannage.

Exercices:

A partir des différents exercices et des divers documents liés à la réalisation du transformateur, l'étudiant dresse une liste de pannes que l'on peut retrouver en fin de fabrication et lors de l'utilisation continue d'un transformateur, suggère différentes méthodes pour repérer les pannes et élabore des procédures pour rendre au transformateur les performances stipulées dans le cahier des charges.

5.3 Objectifs - Exigences - Evaluation

OBJECTIFS	EXIGENCES - EVALUATION
Etre capable:	En se limitant:
de vérifier et de dépanner les différents types de transformateur.	- aux transformateurs d'utilisation courante, principalement aux transformateurs de puissance utilisés en électronique; - aux pannes les plus couramment rencontrées sur les transformateurs. A partir d'un transformateur défectueux qu'on lui aura fourni, l'élève devra identifier la panne du transformateur et lui restituer ses performances d'origine.

N.B.: Dans l'évaluation de l'élève le critère temps sera pris en considération.